

**Tesis Monográfica para optar al Título de  
Ingeniero Eléctrico**

**Título**

**“PROPUESTA PARA EL AHORRO DE ENERGIA POR ILUMINACION EN  
LA EMPRESA ZIPSA MEDIANTE EL USO DE LAMPARAS LEDs Y  
BALASTROS ELECTRONICOS”.**

**Autores:**

- Br. Amílcar Joel Cardoza Rivas 2008-23101
- Br. Marlon José Hernández Hernández 94-112613

**Tutor:**

Ing. Juan González Mena

**Managua, Mayo 2016**

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso por darnos sabiduría y discernimiento en todo momento de nuestra formación profesional y que al final ha dado frutos con la culminación de nuestros estudios universitarios.

A nuestra familia y padres que han estado a nuestro lado y nos han brindado su apoyo y consejo.

A nuestras esposas que han compartido parte de ese tiempo para nuestra formación profesional.

A nuestro tutor por compartir sus conocimientos y que fue un gran colaborador para que pudiéramos realizar esta tesis de fin de carrera.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

1.	Introducción .....	6
2.	Antecedentes .....	8
3.	Planteamiento de la Situación .....	9
4.	Objetivos del Estudio .....	10
4.1.	Objetivo General .....	10
4.2.	Objetivo Específico .....	10
5.	Justificación .....	11
6.	Marco teórico.....	12
6.1	Aprovechamiento de la iluminación natural.....	12
6.2	Adaptación del nivel de iluminación .....	12
6.3	Eficiencia energética .....	13
6.4	Consumo de energía .....	20
6.5	Balastos para lámparas fluorescentes .....	22
7.	Hipótesis y variables.....	27
8.	Metodología de Trabajo.....	28
8.1.	Planear los recursos y el tiempo. ....	28
8.2.	Recopilar datos en el sitio .....	28
8.3.	Realizar mediciones .....	29
8.4.	Analizar datos.....	29
8.5.	Estimación del potencial de ahorro energético. ....	29
8.6.	Presentar evaluación económica de las alternativas de proyectos .....	30
8.7.	Elaboración del informe del diagnóstico. ....	30
9.	Breve descripción de la planta y planos en AutoCAD .....	31
10.	Comparación de las diferentes tecnologías de iluminación .....	33
10.1	Utilización de balastos electrónicos.....	33
10.2	Lámparas de vapor de sodio .....	36
10.3	Lámparas de arreglo de led.....	38
10.4	Lámparas fluorescentes .....	42

11.	Estudio técnico de las lámparas Leds frente Sodio alta presión.....	45
12.	Estudio económico y ahorro por la sustitución de lámparas SAP por Leds.....	53
13.	Estudio económico y ahorro por la sustitución de lámparas fluorescentes por Leds .....	59
14.	Estudio económico y ahorro por la sustitución de balastros electromagnéticos por electrónicos.....	63
15.	Recomendaciones .....	67
16.	Conclusiones .....	68
17.	Bibliografía .....	70

## **Glosario**

**LÚMEN:** Es la unidad del Sistema Internacional de Medidas para medir el flujo luminoso, una medida de la potencia luminosa percibida. El flujo luminoso se diferencia del flujo radiante (la medida de la potencia luminosa total emitida) en que el primero se ajusta teniendo en cuenta la sensibilidad variable del ojo humano a las diferentes longitudes de onda de la luz.

**LUX:** Se conoce también como LÚMEX. Es la unidad derivada del Sistema Internacional de Unidades para la iluminancia o nivel de iluminación. Equivale a un lumen /m<sup>2</sup>. Se usa en fotometría como medida de la intensidad luminosa, tomando en cuenta las diferentes longitudes de onda según la función de luminosidad, un modelo estándar de la sensibilidad a la luz del ojo humano.

**LUXÓMETRO:** Dispositivo que se encarga de medir la densidad luminosa por área y que es calibrado de acuerdo a las normas técnicas de cada territorio. En Colombia va en la escala de 20.000 lúmx.

**NORMAS ISO:** Las normas ISO surgen para armonizar la gran cantidad de normas sobre gestión de calidad que estaban apareciendo en distintos países del mundo. Los organismos de normalización de cada país producen normas que resultan de consenso entre representantes del estado y de la industria. De la misma manera las normas ISO surgen del consenso entre representantes de los distintos países integrados a la I.S.O.

**CIEN:** Es el código eléctrico de Nicaragua y contiene todas las especificaciones técnicas que deben cumplir los diferentes tipos de luminarias en el territorio nicaragüense y se complementa con las Normas NTE.

---

## 1. Introducción

En toda industria textil la iluminación es un servicio de vital importancia tanto para el alumbrado de las oficinas como de la nave de producción.

Por tanto se presenta el siguiente documento que contempla el estudio de costo y el ahorro mediante la implementación de Lámparas basadas en tecnologías LEDs y balastros electrónicos en el Alumbrado de la empresa ZIPSA ubicada en el Km 5.5 Carretera Norte 500 metros al norte, Municipio de Managua.

Es una zona franca dedicada a la parte textil actualmente el consumo eléctrico es de 260,000 kW mensual, donde el consumo por iluminación por lámparas fluorescente es de 17,935 Kwh/mes y el de lámparas de sodio es 10,500 Kwh/mes tanto interior y exterior de la Nave industrial.

Este tipo de empresas textiles y de confección cuentan con una tipología de luminarias diferente en función de la zona de la empresa estudiada. Por un lado en la zona de producción y almacenes predominan los fluorescentes de 75 watts mientras que en las oficinas podemos encontrar tanto fluorescentes de menor potencia como halógenos, luminarias incandescentes y lámparas de sodio a alta presión de 250 watts. Estos fluorescentes cuentan generalmente con balastros de tipo electromagnético.

Se pretende analizar una alternativa tecnológica, que en el transcurso de los años ha sido mejorada hasta el punto de ser presentada alrededor del mundo como una opción de optimización de los sistemas de iluminación, basadas en lámparas fluorescente con balastro electrónico y en tecnología de diodos emisores de luz (LEDs) no es nueva, pero sus grandes avances en los últimos años, justifican su uso.

---

Los diferentes capítulos de este estudio le dan una secuencia al análisis de los tipos de lámparas utilizadas en el alumbrado de la empresa.

Esta secuencia determina en su inicio, la definición de los conceptos necesarios para el entendimiento de todo este estudio, después se especifican las cualidades necesarias y normas utilizadas para que un alumbrado cumpla de la mejor manera con sus objetivos, más adelante se realiza el análisis de las lámparas seleccionadas y un capítulo completo dedicado a las lámparas LEDs, para después realizar la comparación entre lámparas LEDs , fluorescente con balastro electromagnético- electrónico y SAP.

Para cualquier implementación de una tecnología nueva es importante considerar que se deben realizar todos los análisis y evaluaciones necesarias para tener todos los elementos que permitan tomar una decisión adecuada que garantice el éxito del proyecto.

Por tanto al final se realiza un análisis financiero que compara una instalación totalmente nueva de lámparas fluorescente con balastro electrónico y lámparas LEDs. Finalmente las conclusiones y recomendaciones para la implementación de este tipo de tecnologías.

Ubicación de la Planta: Km 5.5 Carretera Norte 500 metros al norte



---

## **2. Antecedentes**

Siendo ZIPSA una empresa dedicada a la actividad textil y cubierta bajo el decreto que establece: ZONAS FRANCA INDUSTRIALES DE EXPORTACION, decreto NO.46-91 del 13 de noviembre de 1991 Publicado en La Gaceta No. 221 del 22 de noviembre de 1991.

ZIPSA como empresa responsable e interesada en los procesos de ahorro energético y por ser parte de empresas que utilizan tecnologías más eficientes y amigables con el medio ambiente. Han decidido apoyar nuestra iniciativa de propuesta de ahorro energético por iluminación.

Cabe mencionar que esta empresa tiene más de 15 años de operación y desde entonces el sistema de iluminación de las instalaciones está compuesto por lámparas fluorescentes con balastro electromagnético y lámparas de sodio a alta presión.

En lo antes mencionado radica la importancia del presente proyecto de tesis de culminación de estudios superiores.



---

### **3. Planteamiento de la Situación**

La empresa textil ZIPSA, tiene que buscar una mejora continua. Con la aplicación de las nuevas tecnologías, con el objetivo de reducir costos y cuidar el medio ambiente.

Existen muchas áreas de oportunidad donde se pueden usar las nuevas tecnologías de iluminación con un potencial de ahorro energético importante.

La Planta tiene más de 15 años, durante los cuales no se ha modificado el sistema de iluminación, contando con luminarias fluorescente con balastro electromagnético y lámparas de sodio a alta presión el exterior , por lo que es necesario realizar un proyecto integral que considere todos los factores que afecten el cambio de las luminarias.

---

## **4 Objetivos del Estudio**

### **4.1. Objetivo General**

- Realizar un estudio de las tecnologías utilizadas en el área de iluminación de la empresa Zipsa que permita evaluar la situación actual del consumo de energía así como su análisis para la propuesta de posibles ahorros teniendo en cuenta la normatividad vigente en el país.

### **4.2 Objetivo Específico**

- Recolectar y suministrar toda la información pertinente y detallada sobre las condiciones del sistema de iluminación.
- Medir el consumo de energía eléctrica de cada una de las tecnologías y concluir si cumplen con las normas del programa de uso racional y eficiente de energía.
- Realizar un estudio que nos permita comparar los parámetros de las lámparas fluorescentes con balastro magnético, fluorescentes con balastro electrónico, vapor de sodio alta presión y lámparas LEDs en el alumbrado de la empresa.
- Presentar un informe de las posibles alternativas de ahorro de energía por iluminación gracias al cambio de tecnología.

---

## **5. Justificación**

La importancia del estudio se fundamenta en demostrar la eficiencia y el ahorro por la implementación de nuevas tecnologías en iluminación contribuyendo así con los objetivos planteados y además contribuirá con una metodología para evaluar estos sistemas de iluminación actual y como documento de Retroalimentación.

Actualmente hay instalaciones en las plantas, que tienen más de 30 años y requieren de un proyecto de modernización en sus instalaciones de alumbrado.

Es necesario promover tecnologías que favorezcan al medio ambiente, en razón de los graves problemas de contaminación y calentamiento global que generan las lámparas como son las fluorescentes con alto contenido de mercurio y baja eficiencia.

Debido al nivel de competencia en el mercado es necesario promover proyectos que permitan reducir costos con la aplicación de tecnologías más eficientes.

Con las nuevas tecnologías se puede tener ahorros de energía hasta de un 50% en los sistemas de iluminación.

---

## **6. Marco teórico**

### **6.1 Aprovechamiento de la iluminación natural**

El aprovechamiento de la iluminación natural es una de las medidas de aplicación más sencilla, siempre y cuando se haya tenido en cuenta este aspecto en el momento del diseño de la planta de fabricación.

Con esta medida se consigue reducir sustancialmente el consumo energético de los sistemas de alumbrado, pudiéndose obtener en algunos casos ahorros de hasta el 50%.

Aunque existen múltiples soluciones de diseño de edificios que tienen en cuenta estos aspectos, resulta especialmente destacable la tipología de nave industrial en “diente de sierra”.

### **6.2 Adaptación del nivel de iluminación**

En el momento de proyectar un sistema de alumbrado resulta de vital importancia ajustar el nivel luminoso a las necesidades reales de cada zona. Para lograr este objetivo se deben tener en cuenta las recomendaciones publicadas por los organismos nacionales e internacionales acreditados en materia de iluminación.

Los niveles de iluminación recomendados para una nave industrial dependen de las actividades que se vayan a realizar en el mismo. Tomando como base los valores recomendados en la norma NTE – IEI sobre Instalaciones de alumbrado interior, se puede distinguir entre tareas con requerimientos luminosos mínimos, normales o exigentes.

---

En el primer caso están las zonas de paso (pasillos, vestíbulos, etc.) o locales poco utilizados (almacenes, cuartos de maquinaria, etc.) con niveles de iluminación de entre 50 y 200 lux. A continuación se tiene las zonas de trabajo y otras zonas o estancias de uso frecuente, con niveles de iluminación de entre 200 y 1.000 lux.

Por último, están los lugares donde son necesarios niveles de iluminación muy elevados (por encima de 1.000 lux), donde se realizan tareas visuales con un grado elevado de detalle (laboratorios, control de calidad, etc.).

## **6.3 Eficiencia energética**

### **6.3.1 Concepto**

Es el uso racional de energía, esto significa aprovecharla al máximo, sin sacrificio de la calidad de vida que brindan los servicios que recibimos de ella. Podemos seguir utilizando el computador, el automóvil o cualquier equipo que requiera de energía para funcionar, pero evitando el derroche de energía y, en consecuencia, reduciendo la producción de desechos contaminantes. Mediante la práctica de la eficiencia, se logrará un gran impacto en la sociedad, con beneficios económicos y ambientales.

### **6.3.2 ¿Dónde está la Eficiencia Energética?**

Todas las actividades que se realizan requieren de alguna forma de energía, por esto debemos ser cuidadosos en como la usamos. La iluminación, tanto de espacios públicos como en los hogares, juega un rol fundamental en la eficiencia energética ya que representa un importante consumo de energía eléctrica.

Es posible reducir el consumo de energía en iluminación sin reducir el nivel de confort, de producción o la seguridad. La combinación de la luz natural,

---

proveniente del sol, con el uso de la tecnología actualmente disponible de iluminación artificial eficiente, permite que se obtengan niveles de iluminación adecuados.

La luz como se dijo antes, es la parte de la energía radiante evaluada visualmente, es decir, la energía que, al interactuar con alguna superficie, se refleja o se transmite hacia el sistema visual y produce la respuesta de los fotoreceptores, dotando al ser humano del sentido de la visión.

Una comprensión integral de la luz implica, además de una aproximación desde la física, la consideración de la respuesta del ser humano, tanto psicológica como fisiológica, ya que la iluminación tiene un propósito más amplio que el de asegurar que los objetos sean vistos.

La naturaleza de los vínculos y relaciones existentes entre las condiciones de iluminación y las características del objeto visual, así como los requerimientos que deben cumplirse para optimizar la habilidad y capacidad humana, son complejos y no existen “fórmulas mágicas” para resolver una dada situación.

Esto se pone de manifiesto en la complejidad de estos estudios y la cantidad de variables involucradas, la mayoría de ellas no controlables. El análisis se hace más complejo si se tienen en cuenta las diferencias individuales, que pueden deberse a la edad de las personas o a las condiciones de la visión, y el peso que tiene la componente visual en la totalidad de la tarea que se está realizando.

Mientras la eficiencia visual se cuantifica a través de la velocidad y la precisión con que se realiza una tarea, el confort visual es una medida del grado en que las condiciones de iluminación predisponen favorablemente a las personas para realizar la tarea.

---

Los aspectos que afectan a la eficiencia están relacionados con la tarea y su entorno inmediato, mientras que aquellos que influyen sobre el confort involucran aspectos más generales del medio ambiente iluminado. Por ejemplo, puede ocurrir que en una oficina el nivel de iluminación corresponda al valor recomendado pero la fuente luminosa presente un parpadeo molesto, o la presencia de una ventana dentro del campo visual del usuario constituya un foco de distracción debido al deslumbramiento.

En resumen, una buena solución en el diseño de un sistema de iluminación debe asegurar eficiencia visual, confort visual y un medio ambiente apropiado a las personas que utilizarán ese espacio, así como consideraciones: energéticas, condiciones térmicas, acústicas y visuales, ya que todas en conjunto conducirán a una mayor productividad en los usuarios de ese espacio.

### 6.3.3 Eficiencia Energética de una Instalación

La eficiencia energética de una instalación de alumbrado exterior se define como la relación entre el producto de la superficie iluminada por la iluminancia media en servicio de la instalación entre la potencia activa total instalada.

$$\varepsilon = \frac{S * E_m}{P} \left( \frac{m^2 * lux}{W} \right)$$

$\varepsilon$ : Eficiencia energética de la instalación de alumbrado exterior

P: Potencia activa total instalada (lámparas y equipos auxiliares)

S: Superficie iluminada

$E_m$ : Iluminancia media en servicio de la instalación, considerando el mantenimiento Previsto.

La eficiencia energética se puede determinar mediante la utilización de los siguientes factores:

$$\varepsilon = \varepsilon_L * f_m * f_u \left( \frac{m^2 * lux}{W} \right)$$

---

$\epsilon_L$ : Eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares

$F_m$ : Factor de mantenimiento de la instalación

$F_u$ : Factor de utilización de la instalación

Factor de mantenimiento: Es la relación entre los valores de iluminancia que se pretenden mantener a lo largo de la vida de la instalación de alumbrado y los valores iniciales.

Factor de utilización: Es la relación entre el flujo útil procedente de las luminarias que llega a la calzada o superficie a iluminar y el flujo emitido por las lámparas instaladas en las luminarias.

El factor de utilización de la instalación es función del tipo de lámpara, de la distribución de la intensidad luminosa y rendimiento de las luminarias, así como de la geometría de la instalación, tanto en lo referente a las características dimensionales de la superficie a iluminar (longitud y anchura), como a la disposición de las luminarias en la instalación de alumbrado exterior (tipo de implantación, altura de las luminarias y separación entre puntos de luz).

Para mejorar la eficiencia energética de una instalación de alumbrado se podrá actuar incrementando el valor de cualquiera de los tres factores anteriores, de forma que la instalación más eficiente será aquella en la que el producto de los tres factores -eficiencia de las lámparas y equipos auxiliares y factores de mantenimiento y utilización de la instalación sea máximo.

A la hora de proponer una reforma de la instalación de alumbrado, se tendrán en consideración los siguientes aspectos:

a) Se iluminará únicamente la superficie que se quiere dotar de alumbrado.



- b) Se instalarán lámparas de elevada eficacia luminosa compatibles con los Requisitos cromáticos de la instalación.
- c) Se utilizarán luminarias y proyectores de rendimiento luminoso elevado.
- d) El equipo auxiliar será de pérdidas mínimas.
- e) El factor de utilización de la instalación será el más elevado posible.
- f) El factor de mantenimiento de la instalación será el mayor alcanzable.

<b>Iluminancia media en servicio da <math>E_m</math> (lux)</b>	<b>Eficiencia Energética de referencia <math>\varepsilon_R \left( \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)</math></b>
>30	22
25	20
20	17,5
15	15
10	12
<7,5	9,5

*Eficiencia energética*

#### 6.3.4 Calificación Energética

Las instalaciones de alumbrado exterior, excepto las de alumbrado de señales y anuncios luminosos, festivos y navideños, se calificarán en función de su índice de eficiencia energética. El índice de eficiencia energética ( $I_\varepsilon$ ) se define como el cociente entre la eficiencia energética de la instalación  $\varepsilon$  y el valor de eficiencia energética de referencia ( $\varepsilon_R$ ) en función del nivel de iluminancia media en servicio proyectada, que se indica en la tabla de continuación.

$$I_\varepsilon = \frac{\varepsilon}{\varepsilon_R}$$

<b>Iluminancia media en servicio da <math>E_m</math> (lux)</b>	<b>Eficiencia Energética de referencia <math>\varepsilon_R \left( \frac{m^2 \cdot lux}{W} \right)</math></b>
>30	32
25	29
20	26
15	23
10	18
<7,5	14

*Calificación energética*

---

### 6.3.5 Etiquetado de Eficiencia Energética

Las etiquetas de Eficiencia Energética se adhieren a los productos para brindar información a los consumidores sobre el desempeño energético del equipamiento que consume energía.

Esta información permite incorporar el consumo energético dentro de las variables que inciden en la decisión de compra de los consumidores.

En general, las etiquetas incluyen información adicional como ser la cantidad de energía que consume el equipo, la eficiencia energética del mismo y/o su capacidad de aislamiento térmico o transmitancia.

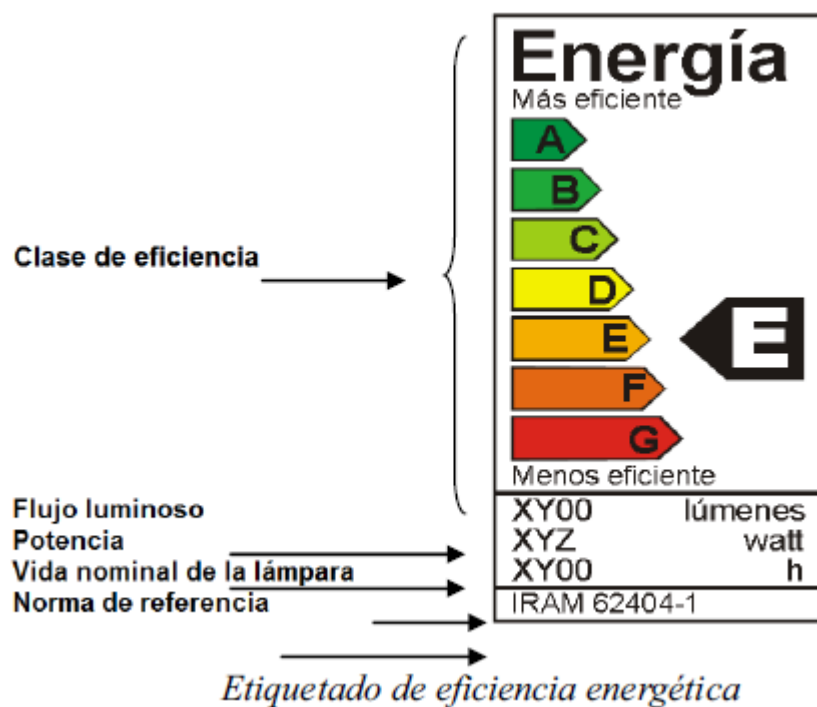
Con objeto de facilitar la interpretación de la calificación energética de la instalación de alumbrado y en consonancia con lo establecido en otras reglamentaciones, se define una etiqueta que caracteriza el consumo de energía de la instalación mediante una escala de siete letras que va desde la letra A (instalación más eficiente y con menos consumo de energía) a la letra G (instalación menos eficiente y con más consumo de energía).

El índice utilizado para la escala de letras será el índice de consumo energético (ICE) que es igual al inverso del índice de eficiencia energética:

$$ICE = \frac{1}{I_E}$$

ICE= Índice de consumo energético  
 $I_E$  = Índice de eficiencia energética

A continuación se muestra un ejemplo de etiqueta



Clase de Eficiencia Energética	Índice de Consumo Energético	Índice de Eficiencia Energética
A	$ICE < 0,91$	$I_e > 1,1$
B	$0,91 \leq ICE < 1,09$	$1,1 \geq I_e > 0,92$
C	$1,09 \leq ICE < 1,35$	$0,92 \geq I_e > 0,74$
D	$1,35 \leq ICE < 1,79$	$0,74 \geq I_e > 0,56$
E	$1,79 \leq ICE < 2,63$	$0,56 \geq I_e > 0,38$
F	$2,63 \leq ICE < 5,00$	$0,38 \geq I_e > 0,20$
G	$5,00 \leq ICE$	$0,20 \geq I_e$

*Clases de eficiencia energética*

---

## 6.4 Consumo de energía

El consumo depende de la potencia y de las horas de uso de cada equipo. La potencia es la capacidad que tiene un equipo eléctrico para poder funcionar o realizar su trabajo, o para decirlo de otra manera, es la cantidad de energía que requiere un equipo para poder funcionar.

El consumo de las lámparas de alumbrado generalmente se da en valores de kilovatios (kW) pero se traduce a valores de consumo de energía que se presentan en forma de kilovatios-hora (Kwh).

El consumo de energía en el alumbrado se determina teniendo en cuenta la carga útil instalada que depende del número de luminarias, la potencia de cada una de ellas, el factor de utilización, factor de mantenimiento, número de días y otros factores determinados por el prestador del servicio, en este caso GAS NATURAL.

Procedimiento para la obtención del consumo de las lámparas. Para determinar el consumo de las lámparas de este estudio se siguieron los siguientes pasos:

- a) Determinación del consumo de cada lámpara. Para las lámparas Fluorescente y vapor de sodio se tuvieron en cuenta los valores de consumo dados por INE, que es el ente que ofrece el servicio de alumbrado. Además se realizaran mediciones reales. Para las lámparas LED se ubicó un medidor de energía a una de las lámparas a ser estudiadas.
- b) Número de lámparas. Estos datos también fueron brindados por ZIPSA. Se obtuvo el total de lámparas Fluorescentes, vapor de sodio y equivalentes de LED.
- c) Obtención de la carga útil. Para determinar la carga útil se necesita aplicar la siguiente ecuación:

---


$$Q = \frac{N_L * P}{1000}$$

Donde,

$Q$  = Carga instalada

$N_L$  = Número de lámparas.

$P$  = Potencia de las lámparas.

- d) Determinación del consumo total de energía. Para la obtención de este otro dato se aplica la ecuación:

$$C = \frac{Q * N_d * F_m * F_u * 24}{1 - P_R}$$

Donde,

$C$  = Consumo mensual.

$Q$  = Carga instalada.

$N_d$  = Número de días del mes.

$F_m$  = Factor de mantenimiento.

$F_u$  = Factor de utilización.

$1 - P_R$  = Eficiencia.

- e) Determinación del costo mensual de la energía. Mediante los datos obtenidos anteriormente se puede obtener el consumo mensual (en dólares y córdobas) de alumbrado en la empresa.
- f) Tabulación de resultados. Para una mejor visualización de los resultados obtenidos y para poder realizar una mejor comparación entre los consumos de las lámparas, se pueden tabular los datos que se obtengan.

---

## 6.5 Balastos para lámparas fluorescentes

El balastro, es un dispositivo electrónico, electromagnético o híbrido, que por medio de inductancia, provee un arco de energía necesario para el arranque de la lámpara, además de que limita la corriente eléctrica para brindar un funcionamiento correcto.

El tipo de balastro, depende del tipo de lámpara y aplicación que se necesite: pero en forma general se pueden clasificar de la siguiente manera:



### Función de los balastos

Las principales funciones del balastro son:

- Proporcionar la tensión de encendido para el arranque de la lámpara, así como la tensión de operación necesaria para que funcione la lámpara, proporcionando un voltaje continuo.
- Proporcionar las condiciones específicas para un buen funcionamiento y vida plena de la lámpara (Regulación).
- Controlar y limitar la energía eléctrica a los valores apropiados para que la lámpara opere en condiciones nominales. Limita la corriente de operación a través de la lámpara y controla la potencia que llega a la lámpara para un funcionamiento adecuado

---

### **Donde se instala**

Lo ideal es instalar el balastro dentro del luminario ya que esto da la adecuada protección al balastro, sin embargo, también es muy común instalarlo por encima del luminario, a fin de disminuir la temperatura y dar mejor operación al balastro; o de forma remota (fuera del luminario).

Para la instalación remota, normalmente se tiene un límite de distancia. Por ejemplo, en el caso balastros electrónicos para lámparas fluorescentes, de los rango de distancia de 1.80 a 6 mts; y en los balastros magnéticos HID de hasta 15 mts, pero se requiere del uso de un ignitor de largo alcance.

Sin embargo, debemos considerar que no todos los balastros permiten una instalación remota, sin importar la marca.

### **Límite de distancia dentro de la instalación remota**

Esto se debe, a que conforme se incrementa la distancia remota de un balastro, se incrementa la capacitancia a lo largo del cableado que va del balastro a la lámpara. Este incremento en capacitancia es importante por 2 razones. La primera es que si la capacitancia es muy alta no habrá suficiente voltaje de circuito abierto a lo largo de la lámpara para que exista un encendido apropiado.

En segundo lugar, si la lámpara es capaz de encender a pesar de la distancia remota, la capacitancia incrementada causará una pérdida en la corriente que va a la lámpara. La capacitancia incrementada crea lo que se conoce como “Shunt” alrededor de la lámpara; en otras palabras la corriente se fugara del cable azul (o rojo) hacia el cable o alambre amarillo by paseando completamente a la lámpara. La corriente a través de la lámpara se reducirá, resultando en una salida de luz menor, con la posibilidad de que la lámpara no sea capaz de tener una operación sostenida.

---

## **Elementos integran la estructura de un balastro**

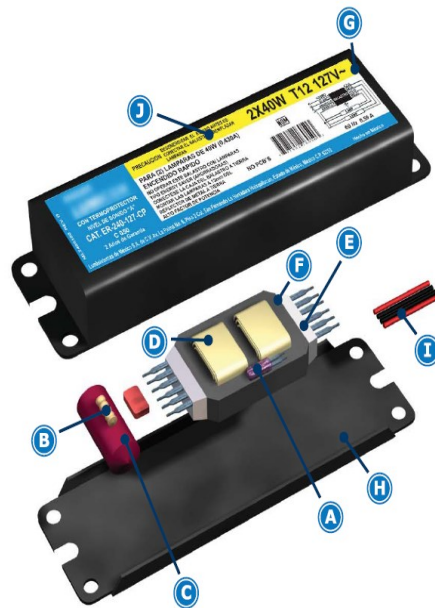
Los elementos que integran un balastro, dependerán fundamentalmente si es magnético o electrónico.

Por ejemplo los balastros magnéticos para lámparas HID, constan de:

- Laminado y Bobinas
- Capacitor
- Ignitor

En lo que refiere a los balastros electromagnéticos para lámparas fluorescentes, podemos encontrar los siguientes elementos

- (A) PROTECCIÓN TÉRMICA (CLASE P)**
- (B) RESISTENCIA**
- (C) CAPACITOR**
- (D) DEVANADOS**
- (E) SUJECIÓN DE LA LAMINACIÓN**
- (F) NÚCLEO**
- (G) RECIPIENTE METÁLICO**
- (H) COMPUESTO PARA ENCAPSULADO**
- (I) CONDUCTORES PARA CONEXIÓN**
- (J) ETIQUETA**



Con respecto a los balastros electrónicos, se encuentran integrados por circuitos electrónicos como son:

- Resistores
- Capacitores
- Diodos
- Transistores
- Circuitos Integrados
- Transformadores
- Tarjeta Cto. Impreso



---

### **Características de un balastro electrónico (Para lámpara fluorescente y HID)**

En lo que refiere a los balastros electrónicos para lámparas fluorescentes, son más eficientes y nos otorgan las siguientes ventajas frente a sus equivalentes magnéticos, como son:

- Menor consumo de energía (25- 30% de ahorro de energía)
- Flujo Luminoso constante (a  $\pm$  5 % de variación en el voltaje de alimentación)
- Prolongación de la vida de la lámpara (factor de cresta < 1.7)
- Baja Distorsión Armónica Total (THD < 30%)
- Menor Temperatura de Operación (30° C más frío que los electromagnéticos)
- Alto Factor de Potencia (0.99)
- Amplio voltaje de operación (120-277V / 120-127V / 277V)
- Funcionamiento muy silencioso (Clasificación de ruido menor a 20db.)
- Menor peso
- Sistema de protección del Fin de Vida de la Lámpara (EOL)
- Amplia Garantía contra defectos de fabricación (5 años)
- Modelos con Sello FIDE y productos verdes (ahorradores de energía)

Todo se reduce a eficiencia de operación y economía en el gasto de energía

Nota: cada modelo cuenta con diferentes parámetros de operación y funcionamiento.

Los balastros electrónicos HID, usan tecnología de circuitos integrados, que proveen una regulación y control preciso de la operación de la lámpara. Además, brindan un monitoreo constante del voltaje de línea. Regulan la potencia de lámpara así como el rango de potencia.

---

Dentro de esta familia de balastros, se encuentran 2 tipos de familia:

- a) Balastros para lámparas de baja potencia
- b) sistemas para alumbrado Público

Los balastros para lámparas de baja potencia, nos ofrecen las siguientes ventajas:

- Operan a baja frecuencia
- Están diseñados para operar lámparas cerámicas de Aditivos Metálicos de baja potencia: 20, 39, 50, 70, 100, 150 y 250W.
- Opción de atenuación (dimming) en potencia de 150W
- Usan tecnología de circuitos integrados, que proveen una regulación y control preciso de la operación de la lámpara.
- Brindan un monitoreo constante del voltaje de línea.
- Regulan la potencia de lámpara.
- Están especialmente diseñados para operar con un voltaje de 120 a 277V~ y en algunos modelos dedicado a 120-127V~

Tipo de conexión ofrece el balastro para lámparas Fluorescentes

Conexión en circuito serie: circuito en el que los bornes o terminales de los dispositivos se conectan secuencialmente. Conexión en circuito paralelo: circuito en el que la corriente eléctrica se bifurca en cada nodo. Su característica más importante es el hecho de que el potencial en cada elemento del circuito tiene la misma diferencia de potencia.

Ventaja que ofrece la conexión en paralelo

Cuando se conectan más de 2 lámparas en paralelo y una de ellas llega a fundirse o falla, las demás continuaran operando.

---

## **7. Hipótesis y variables**

### **Hipótesis**

Se puede realizar un estudio de iluminación en una pequeña o mediana empresa que permita visualizar las oportunidades de ahorro de energía y mejorar la calidad de la iluminación.

### **Variables**

1. Pertinencia de la Información.
2. Funcionalidad de la Información.
3. Adecuación de la Información.

---

## **8. Metodología de Trabajo**

El trabajo para diagnóstico del sistema de iluminación para el ahorro se resume en siete pasos descritos a continuación:

### **8.1. Planear los recursos y el tiempo.**

El grupo ejecutor tiene que revisar toda la información disponible sobre la planta, y dividir entre ellos las tareas de recopilación de datos y mediciones. Dentro de las actividades de planificación necesarias para el éxito del diagnóstico, destacan las siguientes:

- Revisar toda la información disponible sobre la instalación.
- Elaborar un cronograma de trabajo.
- Asegurarse que la instrumentación requerida esté disponible y en buenas condiciones.

### **8.2. Recopilar datos en el sitio**

Deben reunirse datos de todo aquello relacionado con el uso de la iluminación, incluyendo en forma indicativa, pero no limitativa, la siguiente:

- Horarios típicos de trabajo.
- Características físicas de la instalación.
- Características de las lámparas, luminarias y equipo auxiliar.

---

### **8.3. Realizar mediciones**

A La toma de mediciones durante el diagnóstico, tiene tres objetivos:

- Determinar los niveles de iluminación reales que se tienen en cada área de la instalación.
- Comprobar el estado de operación del equipo.
- Determinar el consumo de energía de cada área de la instalación.

### **8.4. Analizar datos**

Una vez que los datos han sido reunidos, deben ser analizados de acuerdo con los siguientes criterios:

- Función específica de lámparas, luminarios y accesorios.
- Niveles de iluminación Requeridos Vs. Reales.
- Eficiencia energética del equipo instalado.
- Función del equipo de control.

### **8.5. Estimación del potencial de ahorro energético.**

La estimación del potencial de ahorro depende de las observaciones realizadas durante el recorrido por las instalaciones y de las mediciones efectuadas, así como de la experiencia del equipo diagnosticador. Las oportunidades de ahorro de energía que resultan de un diagnóstico, determinan el potencial de ahorro, el cual, generalmente estará dado en términos de porcentajes. Las medidas de ahorro de energía en iluminación de mayor replicabilidad son las siguientes:

- 
- Sustitución de balastos electromagnéticos por balastos electrónicos.
  - Adecuar los niveles de iluminación.
  - Sustitución de lámparas de sodio alta o baja Presión por Leds.

#### **8.6. Presentar evaluación económica de las alternativas de proyectos**

Para ello se debe iniciar por determinar el volumen de obra y su costo de implantación; y con los ahorros esperados, determinar el período de recuperación de la inversión.

#### **8.7. Elaboración del informe del diagnóstico.**

El paso final es de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del diagnóstico, haciendo énfasis en las oportunidades de ahorro de energía, y el plan de acción para implantarlas.

#### **8.8. Instrumentación Requerida.**

La instrumentación básica requerida para realizar un diagnóstico energético a un sistema de iluminación es la siguiente:

- Luxómetro (Digital Lux tester YF 1065).
- Voltímetro.
- Pinza Amperimétrica.

---

## 9. Breve descripción de la planta y planos en AutoCAD

La planta presenta las siguientes características:

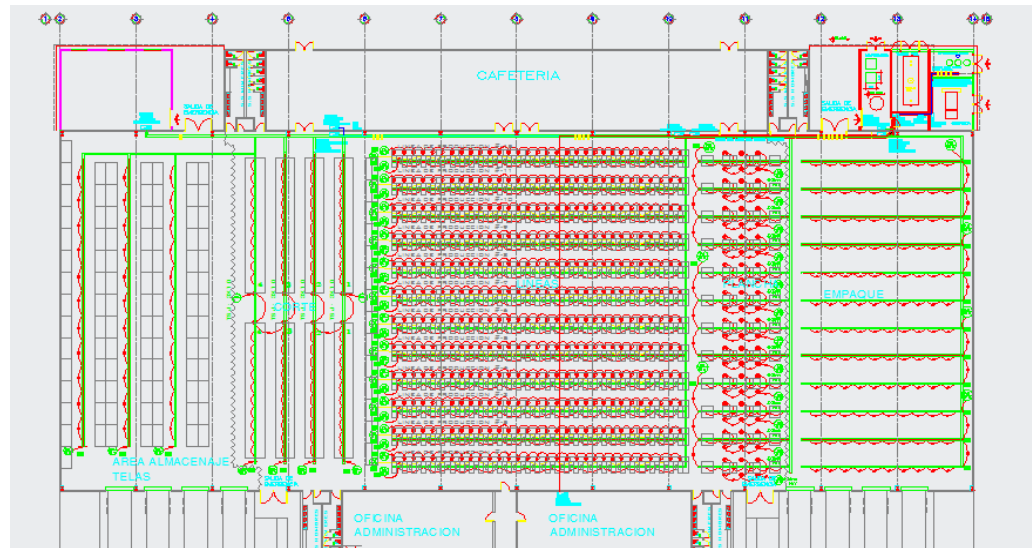
- Edificios construidos con estructura de acero y concreto reforzado, garantizando la durabilidad y calidad cumpliendo con todas las leyes y regulaciones Nicaragüenses.



- Techo está elaborado con láminas blancas galvanizadas y láminas traslucidas y tienen aislante térmico R-15



- La distribución interna de los edificios facilitan el uso eficiente de las áreas de oficina y manufactura



En esta plano se puede observar 4 áreas de importancia las cuales son: Área de almacenaje, área de corte, área de empaque y las líneas de producción (Confección), donde se encuentran la mayor distribución de iluminación de la planta.

- Parqueo exclusivo para vehículos, contenedores y carga.





---

## **10. Comparación de las diferentes tecnologías de iluminación**

### **10.1 Utilización de balastos electrónicos**

Las lámparas fluorescentes son generalmente las más utilizadas para las zonas donde se necesita una luz de buena calidad y pocos encendidos. La vida media de los tubos fluorescentes es de 7.500 horas, y la disminución de su flujo luminoso, para esta vida media, es del 25%. Este tipo de lámpara, como todas las lámparas de descarga, necesita de un elemento auxiliar que regule la intensidad de paso de la corriente, que es la reactancia o balastro.

El balasto convencional que se utiliza en la mayoría de luminarias de tubo fluorescente es de tipo electromagnético, que consiste en un gran número de espiras de hilo de cobre arrolladas sobre un núcleo y que, por su concepción, tiene elevadas pérdidas térmicas.

Los balastos electrónicos constituyen un sistema de alimentación de alta frecuencia para lámparas fluorescentes. Son equipos sustitutivos de la instalación convencional compuesta de reactancia electromagnética, cebador y, en su caso, condensador para mejorar el factor de potencia.

Básicamente el sistema presenta una circuitería impresa y encapsulada de componentes electrónicos que hacen trabajar a las lámparas a frecuencias del orden de decenas de kHz (véase Figura). Los balastos electrónicos no tienen pérdidas debidas a la inducción ni al núcleo, por lo que su consumo energético es notablemente inferior.



Figura. Balasto electrónico para lámparas fluorescentes (Cortesía de Especialidades Luminotécnicas, S. A.).

Aunque por el momento solo se aplican a lámparas fluorescentes, tanto tubulares como compactas, están apareciendo en el mercado nuevos desarrollos electrónicos para la alimentación de lámparas de descarga de alta intensidad (sodio de alta presión, halogenuros metálicos, etc.).

Los balastos electrónicos de alta frecuencia para lámparas fluorescentes ofrecen las siguientes ventajas:

- Aumento de un 20% a un 25% en la eficiencia del conjunto de la lámpara con los equipos auxiliares.
- Mayor número de encendidos y mejor conservación de las lámparas.
- Encendido prácticamente instantáneo.
- Menor tensión de encendido.
- Factor de potencia próximo a la unidad.
- Fácil regulación del flujo luminoso.
- Eliminación del efecto estroboscópico.

La menor potencia necesaria para el funcionamiento de los equipos electrónicos, unida a la menor potencia aplicada a las lámparas para la obtención del mismo flujo luminoso que con equipos electromagnéticos, hace que se pueda lograr un considerable ahorro energético con el empleo de balastos electrónicos. Este ahorro se puede cuantificar, tal y como se detalla en la tabla siguiente, para las luminarias y potencias de las lámparas más habituales.

Como puede observarse, los ahorros medios se encuentran entre el 20% y el 25% respecto del consumo del conjunto usando reactancias electromagnéticas. Cabe señalar que existen ciertas composiciones donde se obtienen ahorros menores, si bien en estos casos, por tratarse de equipos compartidos entre varias lámparas, los costes unitarios de inversión son también menores.

Nº y tipo de lámpara	Potencia absorbida (W) (con reactancia electromagnética)	Potencia absorbida (W) (con balastro electrónico)	Ahorro (%)
1 x 18 W	27	20	25
1 x 36 W	45	36	20
1 x 58 W	70	56	20
2 x 18 W	45	40	11
2 x 36 W	90	74	17
2 x 58 W	140	104	25
3 x 18 W	72	54	25
4 x 18 W	90	72	20
3 x 36 W	135	104	23
4 x 36 W	180	138	23

Ahorro energético para luminarias y potencias de lámparas habituales.

Además, como consecuencia de la menor potencia absorbida por los equipos de iluminación, y dado que esta se transforma íntegramente en calor, dicha disminución representara un ahorro indirecto de energía para los sistemas de climatización.

Aunque existen en el mercado lámparas diseñadas exclusivamente para reactancias electrónicas (series 16 - 32 - 50 W, con 26 mm de diámetro), los balastos electrónicos también son de aplicación a tubos fluorescentes convencionales (de la gama 18-36-58 W, también con 26 mm de diámetro).

---

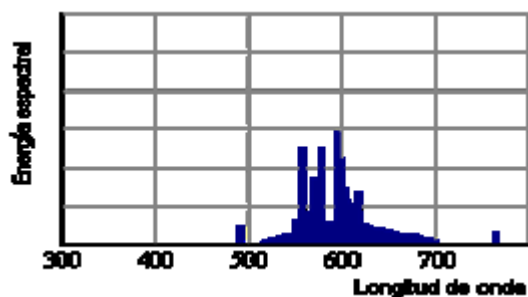
No es posible en cambio su empleo en las lámparas de la antigua serie 20-40-65 W (38 mm de diámetro), prácticamente desaparecida del mercado y que solo se utiliza en reposiciones.

Finalmente, las lámparas fluorescentes alimentadas con balastos electrónicos de alta frecuencia permiten regular su flujo luminoso entre márgenes muy amplios (del 1 al 100% del flujo nominal de la lámpara), con la consecuente reducción de consumo del sistema.

De este modo se puede obtener una adaptación del nivel de iluminación acorde con las necesidades reales de cada instalación y en cada momento.

## 10.2 Lámparas de vapor de sodio

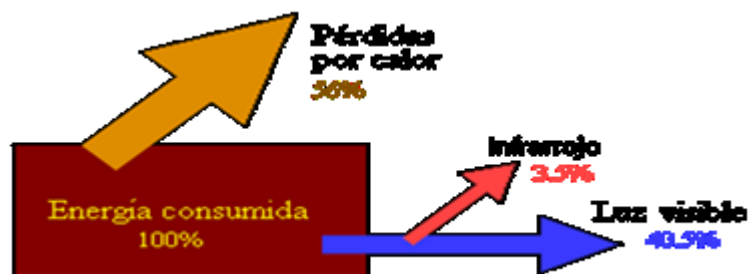
Las lámparas de vapor de sodio a alta presión tienen una distribución espectral que abarca casi todo el espectro visible proporcionando una luz blanca dorada mucho más agradable que la proporcionada por las lámparas de baja presión. La figura muestra los componentes espectrales de una lámpara de sodio de alta presión.



Espectro de una lámpara de vapor de sodio a alta presión.

---

Las consecuencias de esto es que tienen un rendimiento en color ( $T_{color} = 2100$  K) y capacidad para reproducir los colores mucho mejores que la de las lámparas a baja presión ( $IRC = 25$ , aunque hay modelos de 65 y 80). En la siguiente figura se puede observar el rendimiento energético de este tipo de lámparas.



Balance energético de una lámpara de vapor de sodio a alta presión

No obstante, esto se consigue a base de sacrificar eficacia; aunque su valor que ronda los 130 lm/W sigue siendo un valor alto comparado con los de otros tipos de lámparas. La vida media de este tipo de lámparas ronda las 20000 horas y su vida útil entre 8000 y 12000 horas.

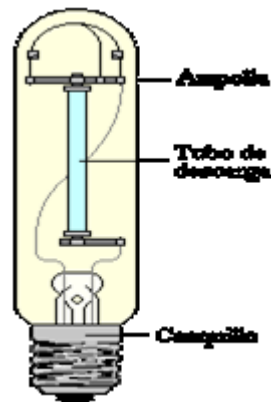
Entre las causas que limitan la duración de la lámpara, además de mencionar la depreciación del flujo tenemos que hablar del fallo por fugas en el tubo de descarga y del incremento progresivo de la tensión de encendido necesaria hasta niveles que impiden su correcto funcionamiento.

Las condiciones de funcionamiento son muy exigentes debido a las altas temperaturas ( $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), la presión y las agresiones químicas producidas por el sodio que debe soportar el tubo de descarga.

En su interior hay una mezcla de sodio, vapor de mercurio que actúa como amortiguador de la descarga y xenón que sirve para facilitar el arranque y reducir las pérdidas térmicas.

---

El tubo está rodeado por una ampolla en la que se ha hecho el vacío. La tensión de encendido de estas lámparas es muy elevada y su tiempo de arranque es muy breve. La figura muestra una lámpara de vapor de sodio de alta presión típica.



Lámpara de vapor de sodio a alta presión.

Este tipo de lámparas tienen muchos usos posibles tanto en iluminación de interiores como de exteriores. Algunos ejemplos son en iluminación de naves industriales, alumbrado público o iluminación decorativa.

### 10.3 Lámparas de arreglo de led

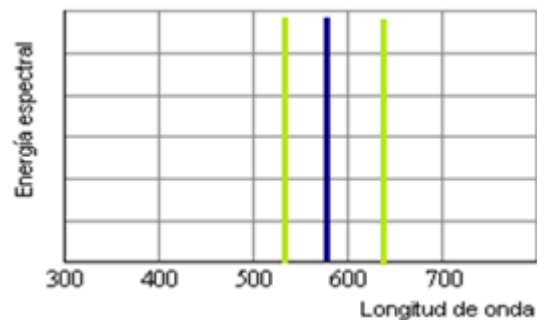
Los LED son básicamente pequeñas ampolletas que se ajustan en un circuito electrónico, y que desprenden luz debido al movimiento de electrones en un material semiconductor. Un diodo es el dispositivo semiconductor más simple que existe. Se construye uniendo una sección de un material cargado positivamente, con otra de material cargado en forma negativa, y con electrodos en cada extremo, para que de esta forma conduzcan electricidad (en la forma de electrones moviéndose libremente) en una dirección cuando se aplique voltaje al diodo.

---

Los electrones se mueven en una serie de órbitas fijas alrededor del núcleo de los átomos. Cuando un electrón absorbe energía extra del voltaje introducido, salta a una órbita superior, y cuando regresa a la órbita inferior, emite la energía extra en forma de fotón.

A diferencia de los diodos comunes, en los que el material semiconductor absorbe la mayor parte de la energía lumínica antes de que ésta sea liberada, los LED están hechos para emitir una gran cantidad de fotones.

El color de la luz de un LED obedece a la cantidad de energía en ese fotón. A su vez, la cantidad de energía dependerá del material utilizado para las capas. En la figura se pueden observar los espectros de diferentes lámparas de LED dependiendo del material de su construcción.



#### Espectros posibles de lámparas LED dependiendo del material utilizado

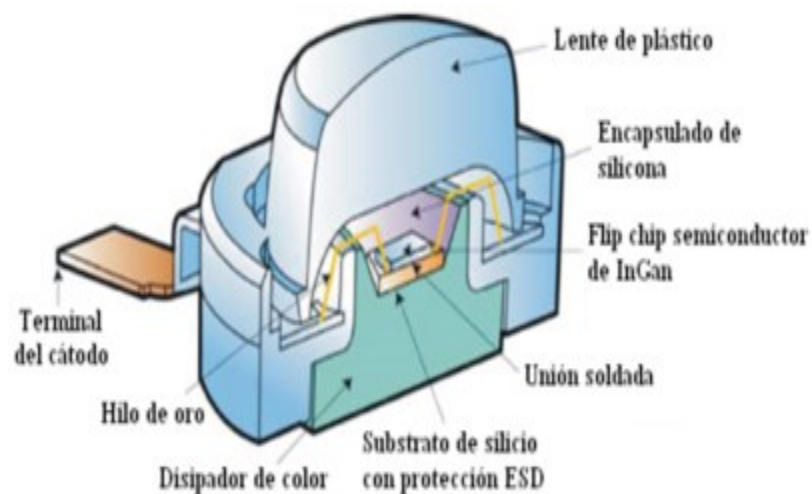
La luz de un LED es direccional, por lo que se puede ajustar en la dirección que se requiera. No contienen ningún material peligroso, como mercurio, al contrario de las ampollitas eficientes. Gracias a la alta calidad de los materiales que lo componen y a su larga vida útil requieren ser reciclados menos a menudo.

Los LED de color cubren todo el espectro de colores de luz visible, lo que ofrece al mercado innumerables posibilidades como se ve en la figura anterior.

---

Además, poseen un alto índice cromático, gracias a lo cual los colores se ven más naturales. En la figura se puede observar la construcción de un LED usado para lámparas de alumbrado público.

El tiempo medio de vida de una lámpara de LED para alumbrado público oscila entre 80.000 y 100.000 horas. La última tecnología de LED de montaje superficial y gran flujo luminoso está por encima de 100.000 horas.



Construcción interna de un LED común usado en alumbrado público

Una lámpara de LED está compuesta de varias hileras de LED dependiendo del nivel de iluminación que se requiera. Las variaciones que se deben hacer son: número de LED y potencia de la fuente regulada de voltaje, de resto el esquema funcional es idéntico para reemplazar cualquier lámpara de otra tecnología de la potencia requerida.



---

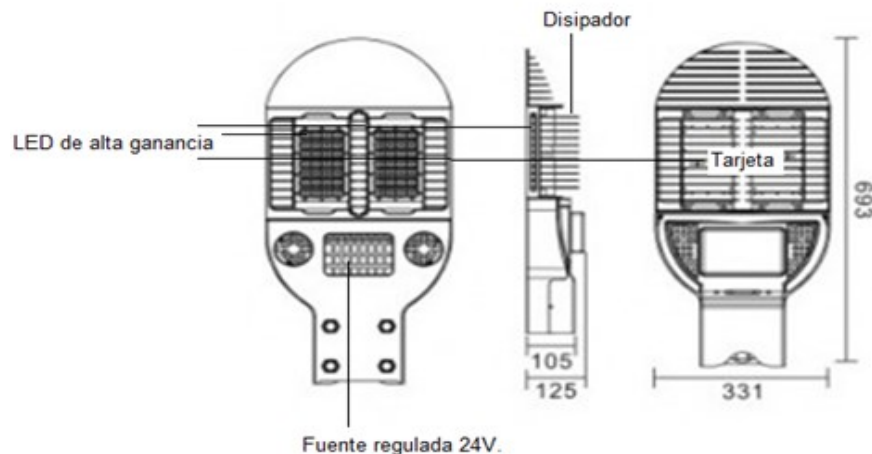
En la figura se puede ver un diagrama de la eficiencia energética de una lámpara de LED.



Balance energético de una lámpara de LED.

Dentro de las ventajas conocidas de la tecnología LED están el ahorro de entre un 75% y un 90% en consumo energético, sin sacrificar intensidad lumínica, no generan rayos UV ni IR, libres de mantenimiento y menor costo a largo plazo.

La tecnología de construcción de LED ha venido mejorando con el tiempo y ya se pueden conseguir LED de menor tamaño, mejor rendimiento y menores costos. En la figura se puede observar una lámpara común de LED con sus principales componentes funcionales y las medidas típicas para una lámpara de un poste de 150W.



Lámpara de tecnología LED con sus principales componentes.

---

El color preferido para la iluminación es el blanco debido a que da una mejor perfilación y una definición de colores mucho mayor a las de los demás colores del espectro, además, dentro de la mayoría de normas a nivel mundial los colores usados son blanco y amarillo.

En la mayoría de las zonas francas se encuentran principalmente las lámparas de vapor de sodio de alta presión y se propone el reemplazo por tecnología LED. En la actualidad no se ha llevado a cabo ningún estudio que compare las dos principales tecnologías utilizadas teniendo en cuenta los parámetros principales como: potencia, consumo, niveles de iluminación, calidad de iluminación, costos, entre otros.

Un estudio serio en este sentido es importante para poder tener herramientas que le ofrezcan asidero para la elección de una u otra tecnología a las empresas de diseño y montaje eléctrico que manejan proyectos, ya que es debería de ser obligatorio, según la normatividad vigente, el elegir la opción más eficiente en todos los sentidos.

#### **10.4 Lámparas fluorescentes**

Las lámparas fluorescentes son lámparas de vapor de mercurio a baja presión (0.8 Pa). En estas condiciones, en el espectro de emisión del mercurio predominan las radiaciones ultravioletas en la banda de 253.7 Longitud de onda (nm).

Para que estas radiaciones sean útiles, se recubren las paredes interiores del tubo con polvos fluorescentes que convierten los rayos ultravioletas en radiaciones visibles. De la composición de estas sustancias dependerán la cantidad y calidad de la luz, y las cualidades cromáticas de la lámpara.

---

En la actualidad se usan dos tipos de polvos; los que producen un espectro continuo y los trifósforos que emiten un espectro de tres bandas con los colores primarios. De la combinación estos tres colores se obtienen una luz blanca que ofrece un buen rendimiento de color sin penalizar la eficiencia como ocurre en el caso del espectro continuo.

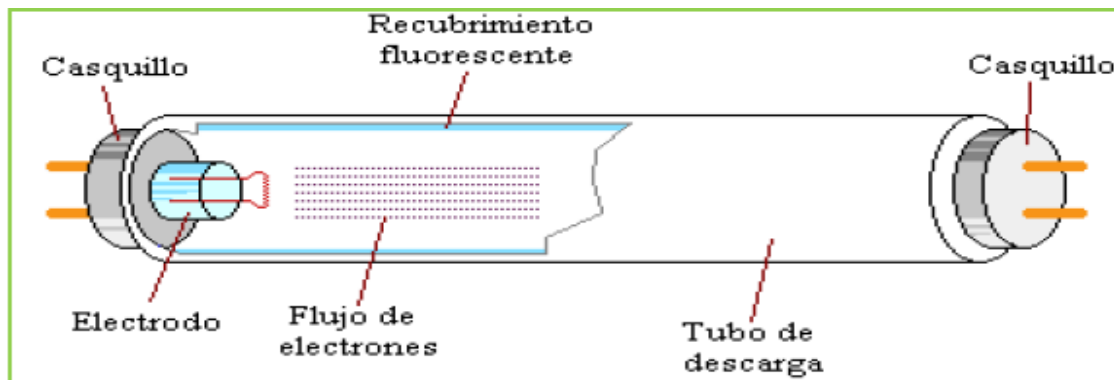


Figura: Lámpara fluorescente

Las lámparas fluorescentes se caracterizan por carecer de ampolla exterior. Están formadas por un tubo de diámetro normalizado, normalmente cilíndrico, cerrado en cada extremo con un casquillo de dos contactos donde se alojan los electrodos.

El tubo de descarga está relleno con vapor de mercurio a baja presión y una pequeña cantidad de un gas inerte que sirve para facilitar el encendido y controlar la descarga de electrones.

La eficacia de estas lámparas depende de muchos factores: potencia de la lámpara, tipo y presión del gas de relleno, propiedades de la sustancia fluorescente que recubre el tubo, temperatura ambiente.

Esta última es muy importante porque determina la presión del gas y en último término el flujo de la lámpara. La eficacia oscila entre los 38 y 91 lm/W dependiendo de las características de cada lámpara.

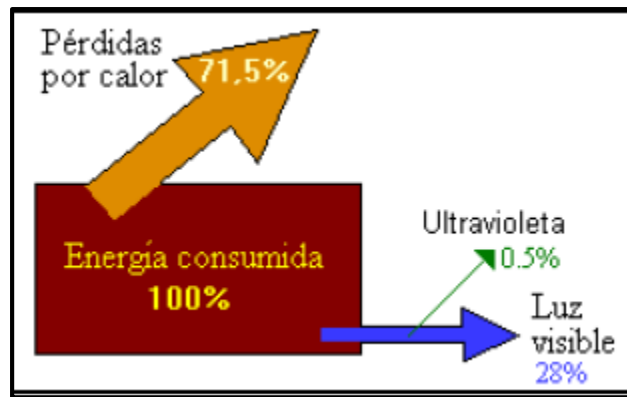


Figura: Balance energético de una lámpara fluorescente

La duración de estas lámparas se sitúa entre 5000 y 7000 horas. Su vida termina cuando el desgaste sufrido por la sustancia emisora que recubre los electrodos, hecho que se incrementa con el número de encendidos, impide el encendido al necesitarse una tensión de ruptura superior a la suministrada por la red.

Además de esto, hemos de considerar la depreciación del flujo provocada por la pérdida de eficacia de los polvos fluorescentes y el ennegrecimiento de las paredes del tubo donde se deposita la sustancia emisora.

El rendimiento en color de estas lámparas varía de moderado a excelente según las sustancias fluorescentes empleadas. Para las lámparas destinadas a usos habituales que no requieran de gran precisión su valor está entre 80 y 90. De igual forma la apariencia y la temperatura de color varía según las características concretas de cada lámpara.

**Tabla:** Rendimiento de color de las lámparas

Apariencia de color	T <sub>color</sub> (K)
Blanco cálido	3000
Blanco	3500
Natural	4000
Blanco frío	4200
Luz día	6500

---

Las lámparas fluorescentes necesitan para su funcionamiento la presencia de elementos auxiliares. Para limitar la corriente que atraviesa el tubo de descarga utilizan el balasto y para el encendido existen varias posibilidades que se pueden resumir en arranque con cebador o sin él.

En el primer caso, el cebador se utiliza para calentar los electrodos antes de someterlos a la tensión de arranque. En el segundo caso tenemos las lámparas de arranque rápido en las que se calientan continuamente los electrodos y las de arranque instantáneo en que la ignición se consigue aplicando una tensión elevada.

Más modernamente han aparecido las lámparas fluorescentes compactas que llevan incorporado el balasto y el cebador. Son lámparas pequeñas con casquillo de rosca o bayoneta pensadas para sustituir a las lámparas incandescentes con ahorros de hasta el 70% de energía y unas buenas prestaciones.

## **11. Estudio técnico de las lámparas Leds frente Sodio alta presión**

### **11.1 Consideraciones Generales**

Cada una de las comparaciones a realizarse será analizada entre la lámpara de tecnología LED, la lámpara de mercurio a alta presión y la lámpara de sodio a alta presión, esto por ser cada una de estas usualmente utilizadas y consecuentemente consideradas como una competencia tecnológica y de eficiencia dentro del alumbrado de vías públicas en Nicaragua

### **11.2 Parámetros de Comparación**

### **11.3 Filamento**

---

Los filamentos son el más sensible de los componentes de una lámpara si es que ésta posee uno, ya que durante su funcionamiento, cualquier forma de vibración o perturbación eléctrica puede causar su rotura. Este componente también determina la vida de la lámpara y suele ser la causa de fracaso prematuro y aumento del costo de sustitución, así como los gastos de explotación.

#### 11.3.1.1 Sodio a alta presión

Posee un electrodo principal.

#### 11.3.1.2 SolidState Light LED

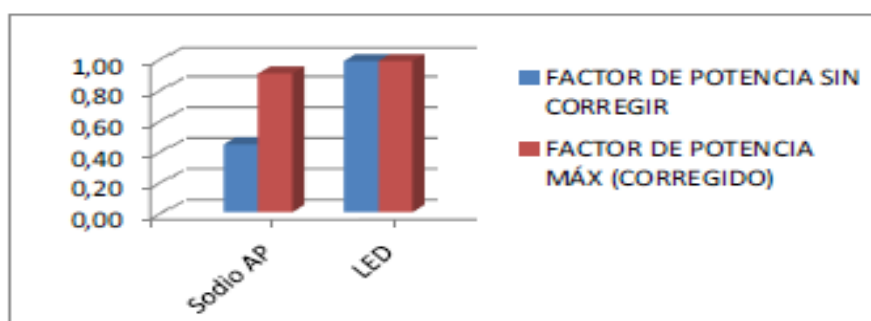
No poseen electrodo

### 11.3.2 Factor de Potencia

Esta es la medida de la capacidad de un aparato eléctrico para realizar un trabajo respecto a la potencia demandada. Esta es la relación de potencia activa, que es la verdaderamente utilizada, respecto a la potencia aparente, que es la que realmente circula por los cables. El sistema de inducción electromagnética de baja frecuencia tiene un factor de potencia de 0,98, mientras que los rangos de otros sistemas oscilan entre un 0,38 y un 0,60.

	FACTOR DE POTENCIA SIN CORREGIR	FACTOR DE POTENCIA MÁX (CORREGIDO)
Sodio AP	0,44	0,9
LED	0,95	0,95

*Comparación del factor de potencia*



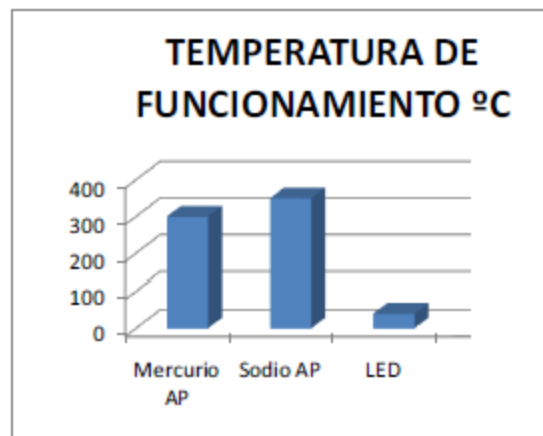
*Comparación del factor de potencia*

### 11.3.3 Temperatura de Funcionamiento

La temperatura del funcionamiento de una lámpara viene determinada por las pérdidas por efecto joule que estas presentan.

TEMPERATURA DE FUNCIONAMIENTO	
	°C
Mercurio AP	300
Sodio AP	350
LED	40

*Comparación de la temperatura de funcionamiento*

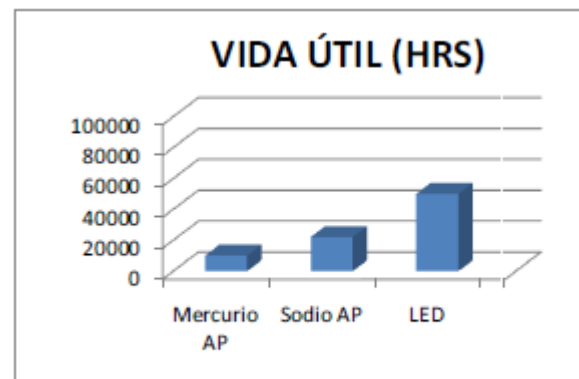


*Comparación de la temperatura de funcionamiento*

### 11.3.4 Vida Útil

VIDA ÚTIL	
Mercurio AP	10000
Sodio AP	22000
LED	50000

*Comparación de vida útil*

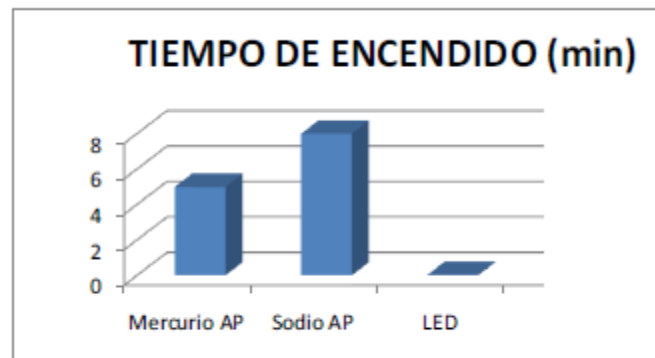


*Comparación de vida útil*

### 11.3.5 Tiempo de Encendido y Recuperación

	TIEMPO DE ENCENDIDO (min)
Mercurio AP	4-5
Sodio AP	5-10
LED	instantáneo

*Comparación de tiempo de encendido*

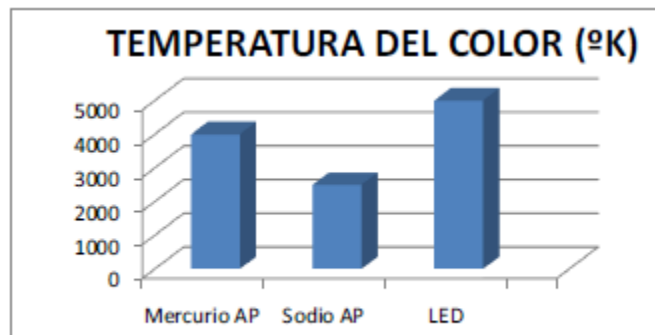


*Comparación de tiempo de encendido*

### 11.3.6 Temperatura de Color

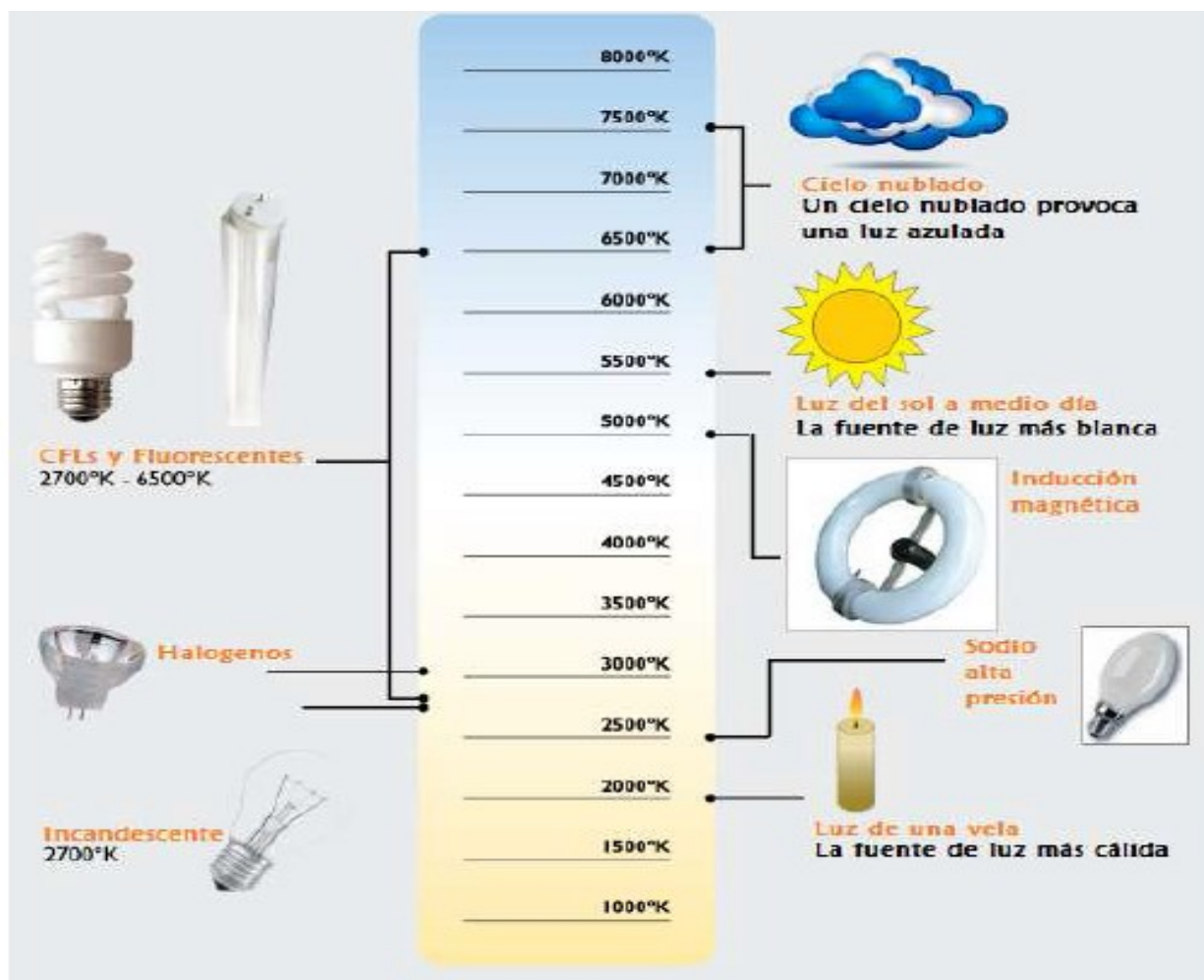
	TEMPERATURA DEL COLOR (°K)
Mercurio AP	4000
Sodio AP	2500
LED	6000

*Comparación de temperatura de color*



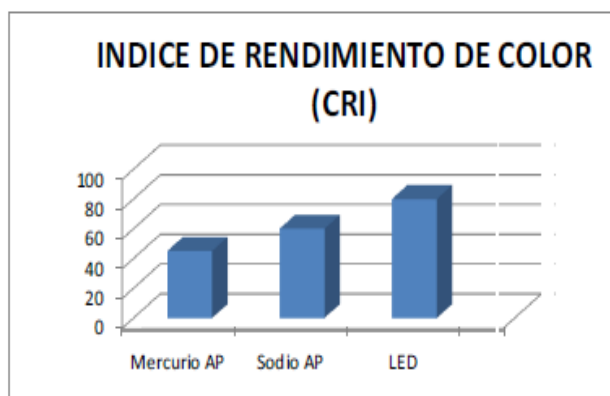
*Comparación de temperatura del color*





*Temperatura del color de diferentes fuentes luminosas*

### 11.3.7 Índice de Rendimiento de Color (CRI)

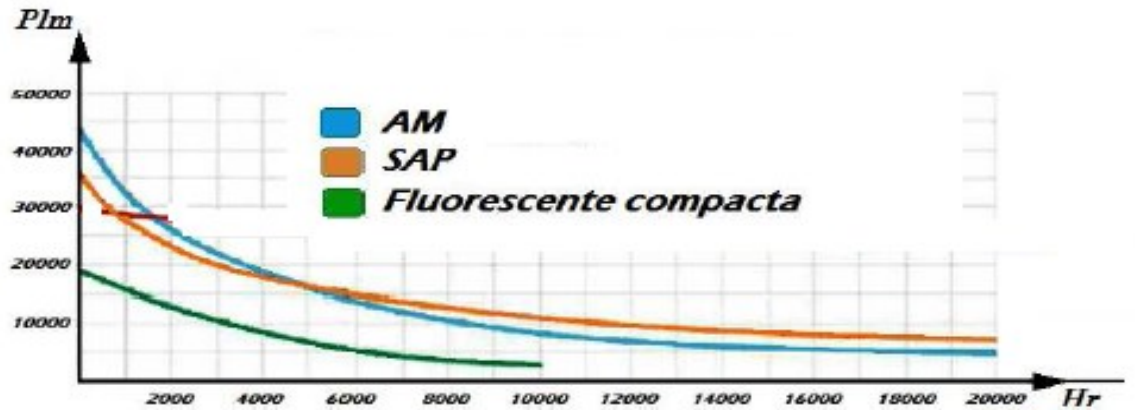


*Comparación del índice de rendimiento del color*

ÍNDICE DE RENDIMIENTO DE COLOR (CRI)	
Mercurio AP	45
Sodio AP	60
LED	75

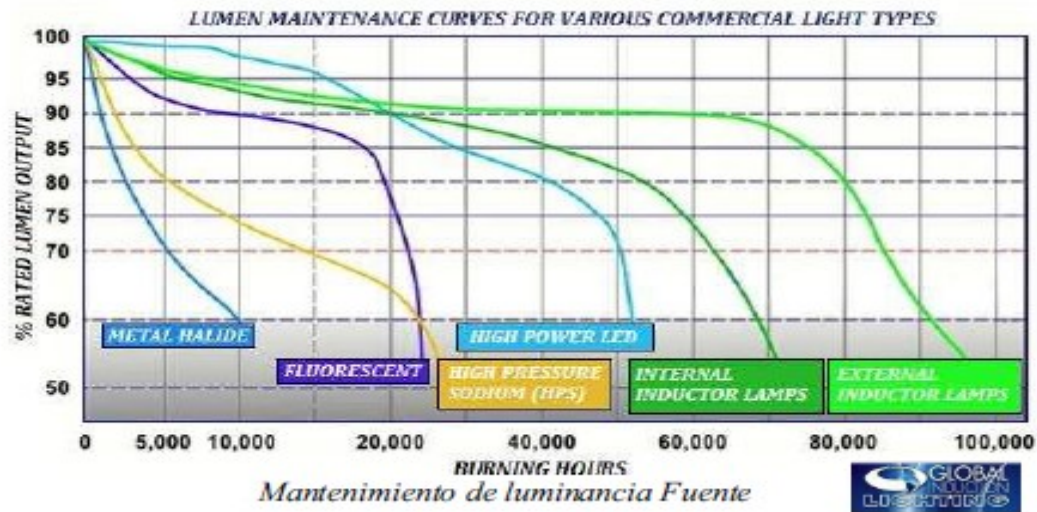
*Comparación del índice de rendimiento del color*

### 11.3.8 Mantenimiento de la Luminaria



Mantenimiento de lúmenes pupila

Fuente: pti solar



Mantenimiento de luminancia Fuente

GLOBAL ILLUMINATION

---

### 11.3.9 Funciones de Protección

El balasto electrónico utilizado en los sistemas de inducción cuenta con funciones especiales para la detección de fallas, la protección en circuito abierto y de la potencia de cortocircuito transitoria, al igual que la pérdida de suministro.

El funcionamiento se reanuda después del restablecimiento del suministro normal de energía, de forma instantánea, garantizando con esto la vida útil de la lámpara de inducción y del balasto electrónico.

### 11.3.10 Parpadeo

#### 11.3.10.1 Mercurio a Alta Presión

Las lámparas de mercurio a alta presión presentan mucho parpadeo si es que existen fluctuaciones de voltaje

#### 11.3.10.2 Sodio a Alta Presión

Las lámparas de mercurio a alta presión presentan bajo parpadeo si es que existen fluctuaciones de voltaje.

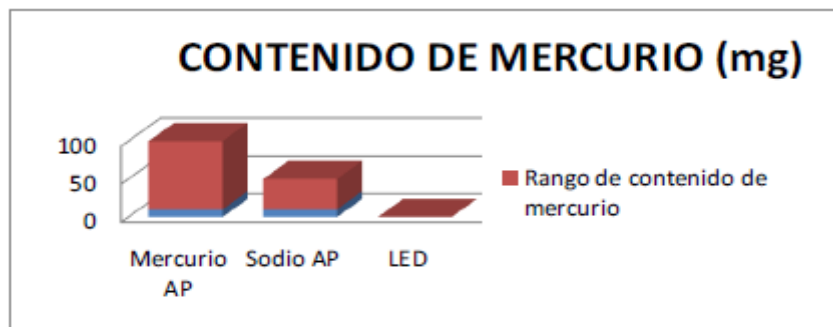
#### 11.3.10.3 Solid State Light LED

Las lámparas de estado sólido no presentan parpadeo alguno.

### 11.3.11 Contenido de Mercurio

	CONTENIDO DE MERCURIO (mg)
Mercurio AP	> 10 - 100
Sodio AP	> 10 - 50
LED	0

*Comparación del contenido de mercurio*



*Comparación del contenido de mercurio*

### 11.3.12 Tabla comparativa

	Mercurio AP	Sodio AP	LED
Filamento	Si	No	No
Factor de potencia	0,61	0,44	0,98
Temperatura de funcionamiento	300°C	350°C	40°C
Vida útil	10000 hrs	24000 hrs	50000 hrs
Tiempo de encendido	4-5 min	5-10 min	Instantáneo
Temperatura del color	4000°K	2500°K	5000°K
CRI	<69	<69	75
Mantenimiento de luminancia	Gráfico		
Eficacia promedio	Fotópica (PLM/w)	43	90
	Lm/w	50	120
Parpadeo	Mucho	Medio	Nulo
Contenido de mercurio (mg)	>10-100	>10-50	Nulo
Brillo	Mucho	Mucho	Ninguno
Degradación lumínica a 2000 hrs	45%	30%	
Distorsión armónica	≤35%	≤35%	<10%

*Tabla comparativa general*

*Fuente: iluminet*

---

## **12. Estudio económico y ahorro por la sustitución de lámparas SAP por Leds**

Este documento compara los costos y ahorro en energía al sustituir las Lámparas sodio alta presión por lámparas Leds en el alumbrado exterior de la empresa, que implican la renovación de luminarias en uso, sin cambios en la capacidad y calidad de los servicios de iluminación que éstas prestan.

Por ello, la formulación y evaluación de nuevos proyectos de alumbrado público queda fuera del alcance de esta versión metodológica.

En particular, este estudio ha sido elaborado con el objetivo principal de proveer los elementos necesarios para decidir sobre el reemplazo de equipos por alternativas más eficientes energéticamente en el marco del mejoramiento de la eficiencia energética del alumbrado.

### **12.1 Identificación de Beneficios**

Los beneficios corresponden al valor que tiene para la empresa, ejecutar el proyecto, medido conceptualmente a través del aumento del consumo de los bienes y servicios producidos por el proyecto y por la liberación de recursos de los insumos que el proyecto genera.

En el caso de los proyectos que aumentan el nivel de servicio (ampliación y aumento de capacidad), es decir que, entregan una mayor cantidad de bienes y servicios, por ejemplo aumento de los índices de luminosidad, continuidad en la entrega, seguridad de la programación de producción, los beneficios corresponden al aumento en el consumo de los bienes y servicios.

---

Por otra parte, en la evaluación de proyectos de reemplazo, sólo son relevantes los costos entre ambas situaciones. Así, en este tipo de proyecto los beneficios están dados por la liberación de recursos de producción atribuida a la mejora tecnológica.

En lo que sigue, se identifican una serie de beneficios asociados a los proyectos de reemplazo de alumbrado en el área de iluminación. Éstos son un grupo de los beneficios potencialmente medibles de este tipo de proyectos; no obstante, existen otros que son usualmente identificados como intangibles, o no cuantificables, tales como armonía del sistema de alumbrado con el paisaje y concientización del problema ambiental.

Algunos tipos de beneficios:

- Disminución de costos de operación y mantenimiento
- Disminución de gases de efecto invernadero
- Disminución de contaminación lumínica
- Menor disposición de lámparas contaminantes
- Disminución en el consumo de Energía
- Disminución por emisión de gases de efecto invernadero

## 12.2 Consumo de Energía

El consumo depende de la potencia y de las horas de uso de cada equipo. La potencia es la capacidad que tiene un equipo eléctrico para poder funcionar o realizar su trabajo, o para decirlo de otra manera, es la cantidad de energía que requiere un equipo para poder funcionar.

---

El consumo de las lámparas de alumbrado generalmente se da en valores de kilovatios (kW) pero se traduce a valores de consumo de energía que se presentan en forma de kilovatios-hora (kWh).

El consumo de energía en el alumbrado se determina teniendo en cuenta la carga útil instalada que depende del número de luminarias, la potencia de cada una de ellas, el factor de utilización, factor de mantenimiento, número de días y otros factores determinados por el prestador del servicio.

Procedimiento para la obtención del consumo de las lámparas: Para determinar el consumo de las lámparas de este estudio se siguieron los siguientes pasos:

- *Determinación del consumo de las lámparas.*

Para las lámparas de vapor de sodio se tuvieron en cuenta los valores de consumo dados por INE publicado el 13 de abril del 2012 en la Gaceta, que es el ente que regula a la empresa distribuidora de Energía eléctrica en Nicaragua.

- a. *Número de lámparas.* Estos datos también fueron recolectados en la empresa, actualmente hay unas 100 Lámparas de Sodio a Alta Presión.
- b. *Obtención de la carga útil.* Para determinar la carga útil se necesita aplicar la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N_L * P}{1000}$$

Donde,

$Q$  = Carga instalada

$N_L$  = Número de lámparas.

$P$  = Potencia de las lámparas.

- c. *Determinación del consumo total de energía.* Para la obtención de este otro dato se aplica la ecuación:

$$C = \frac{Q * N_d * F_m * F_u * 24}{1 - P_R}$$

Donde,

$C$  = Consumo mensual.

$Q$  = Carga instalada.

$N_d$  = Número de días del mes.

$F_m$  = Factor de mantenimiento.

$F_u$  = Factor de utilización.

$1 - P_R$  = Eficiencia.

- d. *Determinación del costo mensual de la energía.* Mediante los datos obtenidos anteriormente se puede obtener el consumo mensual (en pesos) de alumbrado público en la ciudad de Ibagué.

*Resultados.* Para una mejor visualización de los resultados obtenidos y para poder realizar una mejor comparación entre los consumos de las lámparas, se tabularon los datos siguientes.

### 12.3 Determinación del Costo y consumo actual del alumbrado Público:

A continuación se presenta el consumo actual en Kwh por mes en el alumbrado público de la empresa ZIPSA, costo de la factura mensualmente facturada, costo de la inversión en lámparas tipo Leds y recuperación de la Inversión.

- a. Consumo actual por Lámpara de Sodio a Alta Presión en el Alumbrado Público de la empresa.

CONSUMO ACTUAL DE SAP EN EL ALUMBRADO PUBLICO						
Nº bombillas	wat/h	horas/dia	días	coste \$ Kw/h	Factura Men kwh	Cons Men Kwh
100	250	14	30	0.298943662	\$3,138.91	10,500.00



b. Costo de la Inversión por compra de Lámparas LEDs

INVERSION POR COMPRA DE LAMAPRAS LEDs				
	Nº bombillas	Precio		Total
Nuevas	100	\$500.00		\$50,000.00

c. Determinación del Costo y consumo con lámparas LEDs en el alumbrado Público de la empresa

Con lamparas LEDs						
Nº bombillas	wat/h	horas	días	coste Kw/h	factura actual	Cons Men Kwh
100	96	14	30	0.298943662	\$1,205.34	4032

d. Recuperación de la Inversión

Ahorro en una Año de la Inversion en Lamapras Leds				
Meses	Anterior	actual	AHORRO	ACUMULADO
1	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$1,933.57
2	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$3,867.14
3	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$5,800.70
4	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$7,734.27
5	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$9,667.84
6	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$11,601.41
7	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$13,534.97
8	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$15,468.54
9	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$17,402.11
10	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$19,335.68
11	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$21,269.24
12	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$23,202.81
13	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$25,136.38
14	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$27,069.95
15	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$29,003.51
16	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$30,937.08
17	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$32,870.65
18	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$34,804.22
19	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$36,737.78
20	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$38,671.35
21	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$40,604.92
22	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$42,538.49
23	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$44,472.05
24	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$46,405.62
25	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$48,339.19
26	\$3,138.91	\$1,205.34	\$1,933.57	\$50,272.76
			Recuperación INV en Años	2.17

---

Como se puede observar en los cálculos realizados y en los datos mostrados en las tablas, el consumo de las lámparas de vapor de sodio es mayor al que presentan las lámparas de LED. En lo que tiene que ver con los datos teóricos o de placa, las lámparas de LED presentan un consumo 32.8% menor que las de vapor de sodio de potencia y características equivalentes.

En lo que tiene que ver con los datos de consumos reales de las lámparas se nota un mayor ahorro de consumo de energía de las lámparas tipo LED con respecto a las de vapor de sodio de alta presión. El consumo en este caso es menor 32.8 % de las LED con respecto a las de vapor de sodio.

En números, existe un ahorro mensual en factura de energía de \$ 1,933.57 y un ahorro anual de \$23, 202.77 Este es un ítem muy importante pues no sólo se nota un ahorro muy grande en la parte económica que lleva a una destinación del presupuesto ahorrado en ampliación de cobertura y mejoramiento de tecnología, sino que además se cumple con los objetivos del programa de uso racional de la energía.

---

## **13. Estudio económico y ahorro por la sustitución de lámparas fluorescentes por Leds**

### **13.1 Cálculo del consumo de energía por lámparas fluorescentes y leds**

El consumo depende de la potencia y de las horas de uso de cada equipo. La potencia es la capacidad que tiene un equipo eléctrico para poder funcionar o realizar su trabajo, o para decirlo de otra manera, es la cantidad de energía que requiere un equipo para poder funcionar.

El consumo de las lámparas de alumbrado generalmente se da en valores de kilovatios (kW) pero se traduce a valores de consumo de energía que se presentan en forma de kilovatios-hora (kWh).

El consumo de energía en el alumbrado se determina teniendo en cuenta la carga útil instalada que depende del número de luminarias, la potencia de cada una de ellas, el factor de utilización, factor de mantenimiento, número de días y otros factores determinados por el prestador del servicio.

Procedimiento para la obtención del consumo de las lámparas: Para determinar el consumo de las lámparas de este estudio se siguieron los siguientes pasos:

- *Determinación del consumo de las lámparas.*

Para las lámparas fluorescentes se tuvieron en cuenta los valores de consumo dados por INE publicado el 13 de abril del 2012 en la Gaceta, que es el ente que regula a la empresa distribuidora de Energía eléctrica en Nicaragua.

e. *Número de lámparas.* Estos datos también fueron recolectados en la empresa, actualmente hay unas 569 Lámparas fluorescente.

- 
- f. *Obtención de la carga útil.* Para determinar la carga útil se necesita aplicar la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N_L * P}{1000}$$

Donde,

$Q$  = Carga instalada

$N_L$  = Número de lámparas.

$P$  = Potencia de las lámparas.

- g. *Determinación del consumo total de energía.* Para la obtención de este otro dato se aplica la ecuación:

$$C = \frac{Q * N_d * F_m * F_u * 24}{1 - P_R}$$

Donde,

$C$  = Consumo mensual.

$Q$  = Carga instalada.

$N_d$  = Número de días del mes.

$F_m$  = Factor de mantenimiento.

$F_u$  = Factor de utilización.

$1 - P_R$  = Eficiencia.

- h. *Determinación del costo mensual de la energía.* Mediante los datos obtenidos anteriormente se puede obtener el consumo mensual (en córdobas y dólares) de alumbrado en la empresa.

*Resultados.* Para una mejor visualización de los resultados obtenidos y para poder realizar una mejor comparación entre los consumos de las lámparas, se tabularon los datos siguientes.

### 13.2 Determinación del Costo y consumo actual por iluminación :

A continuación se presenta el consumo actual en Kwh por mes en el alumbrado público de la empresa ZIPSA, costo de la factura mensualmente facturada, costo de la inversión en lámparas tipo Leds y recuperación de la Inversión.

- e. Consumo actual por Lámpara fluorescente en el Alumbrado Público de la empresa.

CONSUMO ACTUAL POR LAMP FLUORESCENTE						
Nº bombillas	watts/h	horas/dia	dias	coste \$ Kw/h	Factura Men kwh	Cons Men Kwh
569	75	14	30	0.298943662	\$5,358.12	17923.5

- f. Costo de la Inversión por compra de Lámparas LEDs

INVERSION POR COMPRA DE LAMAPRAS LEDs				
	Nº bombillas	Precio		Total
Nuevas	569	\$30.00		\$17,070.00
			INVERSIÓN	\$17,070.00

- g. Determinación del Costo y consumo con lámparas LEDs en el alumbrado de las líneas de producción de la empresa

Con lamparas LEDs						
Nº bombillas	wat/h	horas	dias	coste Kw/h	factura actual	Cons Men Kwh
569	32	14	30	0.298943662	\$2,286.13	7647.36

---

#### h. Recuperación de la Inversión

Ahorro en una Año de la Inversion en Lamapras Leds				
Meses	Anterior	actual	AHORRO	ACUMULADO
1	\$5,358.12	\$2,286.13	\$3,071.99	\$3,071.99
2	\$5,358.12	\$2,286.13	\$3,071.99	\$6,143.97
3	\$5,358.12	\$2,286.13	\$3,071.99	\$9,215.96
4	\$5,358.12	\$2,286.13	\$3,071.99	\$12,287.95
5	\$5,358.12	\$2,286.13	\$3,071.99	\$15,359.93
6	\$5,358.12	\$2,286.13	\$3,071.99	\$18,431.92
		Recuperación INV en Años		0.50

Como se puede observar en los cálculos realizados y en los datos mostrados en las tablas, el consumo de las lámparas fluorescente es mayor al que presentan las lámparas de LED. En lo que tiene que ver con los datos teóricos o de placa, las lámparas de LED presentan un consumo 42.6% menor que las fluorescente de potencia y características equivalentes.

En lo que tiene que ver con los datos de consumos reales de las lámparas se nota un mayor ahorro de consumo de energía de las lámparas tipo LED con respecto a las fluorescentes. El consumo en este caso es menor 42.6 % de las LED con respecto a las fluorescente.

En números, existe un ahorro mensual en factura de energía de \$ 3,071.99. Este es un ítem muy importante pues no sólo se nota un ahorro muy grande en la parte económica que lleva a una destinación del presupuesto ahorrado en ampliación de cobertura y mejoramiento de tecnología, sino que además se cumple con los objetivos del programa de uso racional de la energía.

---

## **14. Estudio económico y ahorro por la sustitución de balastos electromagnéticos por electrónicos**

### **14.1 Calculo del ahorro de energía por sustitución de balastos**

El consumo depende de la potencia y de las horas de uso de cada equipo. La potencia es la capacidad que tiene un equipo eléctrico para poder funcionar o realizar su trabajo, o para decirlo de otra manera, es la cantidad de energía que requiere un equipo para poder funcionar.

El consumo de los balastos para lámparas de alumbrado generalmente se da en valores de kilovatios (kW) pero se traduce a valores de consumo de energía que se presentan en forma de kilovatios-hora (kWh).

El consumo de energía en el alumbrado se determina teniendo en cuenta la carga útil instalada que depende del número de luminarias, la potencia de cada una de ellas, el factor de utilización, factor de mantenimiento, número de días y otros factores determinados por el prestador del servicio.

Procedimiento para la obtención del consumo de las lámparas: Para determinar el consumo de las lámparas de este estudio se siguieron los siguientes pasos:

- *Determinación del consumo de las lámparas.*

Para los balastos se tuvieron en cuenta los valores de consumo dados por los diferentes fabricantes.

- i. *Número de lámparas.* Estos datos también fueron recolectados en la empresa, actualmente hay unas 569 Lámparas fluorescente. Equivalen a 569 balastos.

- 
- j. *Obtención de la carga útil.* Para determinar la carga útil se necesita aplicar la siguiente ecuación:

$$Q = \frac{N_L * P}{1000}$$

Donde,

$Q$  = Carga instalada

$N_L$  = Número de lámparas.

$P$  = Potencia de las lámparas.

- k. *Determinación del consumo total de energía.* Para la obtención de este otro dato se aplica la ecuación:

$$C = \frac{Q * N_d * F_m * F_u * 24}{1 - P_R}$$

Donde,

$C$  = Consumo mensual.

$Q$  = Carga instalada.

$N_d$  = Número de días del mes.

$F_m$  = Factor de mantenimiento.

$F_u$  = Factor de utilización.

$1 - P_R$  = Eficiencia.

- l. *Determinación del costo mensual de la energía.* Mediante los datos obtenidos anteriormente se puede obtener el consumo mensual (en córdobas y dólares) de alumbrado en la empresa.

*Resultados.* Para una mejor visualización de los resultados obtenidos y para poder realizar una mejor comparación entre los consumos de los balastros de las lámparas, se tabularon los datos siguientes.



## 14.2 Determinación del Costo y consumo actual por iluminación :

A continuación se presenta el consumo actual en Kwh por mes en el alumbrado de la empresa ZIPSA, costo de la factura mensualmente facturada, costo de la inversión de balastos electrónicos y recuperación de la Inversión.

### i. Consumo actual por los balastos electromagnéticos de la empresa.

Consumo actual de los balastos electromagneticos						
Nº bombillas	wat/h	horas/dia	dias	coste \$ Kw/h	Factura Men kwh	Cons Men Kwh
569	20	14	30	0.298943662	\$1,428.83	4,779.60

### j. Costo de la Inversión por compra de balastos electrónicos

INVERSION EN BALASTROS				
	Balastos	precio		Total
Nuevas	569	18		10,242.00
			INVERSIÓN	\$10,242.00

### k. Determinación del Costo y consumo de los balastos en el alumbrado de las líneas de producción de la empresa

Consumo con balastos electronicos						
Nº bombillas	wat/h	horas	dias	coste Kw/h	factura actual	Cons Men Kwh
569	14	14	30	0.298943662	\$1,000.18	3345.72

## I. Recuperación de la Inversión

Ahorro por la Inversión en balastros electronicos				
Meses	Anterior	actual	AHORRO	ACUMULADO
1	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$428.65
2	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$857.30
3	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$1,285.95
4	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$1,714.60
5	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$2,143.25
6	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$2,571.90
7	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$3,000.55
8	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$3,429.19
9	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$3,857.84
10	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$4,286.49
11	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$4,715.14
12	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$5,143.79
13	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$5,572.44
14	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$6,001.09
15	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$6,429.74
16	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$6,858.39
17	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$7,287.04
18	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$7,715.69
19	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$8,144.34
20	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$8,572.99
21	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$9,001.64
22	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$9,430.29
23	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$9,858.93
24	\$1,428.83	\$1,000.18	\$428.65	\$10,287.58
Recuperación INV en Años			2	

Como se puede observar en los cálculos realizados y en los datos mostrados en las tablas, el consumo de los balastros electromagnéticos es mayor al que presentan los balastros electrónicos. En lo que tiene que ver con los datos teóricos o de placa, los balastros electrónicos presentan un consumo 30 % menor que las balastros electromagnéticos y características equivalentes.

En números, existe un ahorro mensual en factura de energía de \$ 428.65. Este es un ítem muy importante pues no sólo se nota un ahorro muy grande en la parte económica que lleva a una destinación del presupuesto ahorrado en ampliación de cobertura y mejoramiento de tecnología.

---

## **15. Recomendaciones**

Una vez evaluada la información recaudada y la propuesta de sustitución de lámparas y balastros planteada desde el punto de vista de ahorro energético, se recomienda implementar las sustituciones a corto plazo para ver reflejado esto en la facturación.

Recomendamos que posterior a la implementación de la propuesta se realice una auditoria energética del sistema de iluminación para constatar que ha habido reducción en el consumo de energía y por ende que el ahorro es efectivo.

Se recomienda además realizar una medición de los lúmenes dentro y fuera de las instalaciones para verificar que se cumple con las especificaciones de iluminación de áreas y espacios dedicados a tareas específicas de la empresa, así como del alumbrado exterior.

---

## 16. Conclusiones

Después de recolectar toda la información pertinente y detallado sobre las condiciones del sistema de iluminación se analizaron las posibles alternativas soluciones de ahorro en iluminación.

En conclusión se analizaron tres alternativas de ahorro de energía por iluminación en la empresa ZIPSA las cuales son:

### 1. Sustitución de lámparas fluorescentes por lámparas leds

Como se puede observar en los cálculos realizados y en los datos mostrados en las tablas, el consumo de las lámparas fluorescente es mayor al que presentan las lámparas de LED. En lo que tiene que ver con los datos teóricos o de placa, las lámparas de LED presentan un consumo 42.6% menor que las fluorescente de potencia y características equivalentes. En números, existe un ahorro mensual en factura de energía de \$ 3,071.99.

### 2. Sustitución de lámparas de sodio por lámparas leds

Como se puede observar en los cálculos realizados y en los datos mostrados en las tablas, el consumo de las lámparas de vapor de sodio es mayor al que presentan las lámparas de LED. En lo que tiene que ver con los datos teóricos o de placa, las lámparas de LED presentan un consumo 32.8% menor que las de vapor de sodio de potencia y características equivalentes.

En números, existe un ahorro mensual en factura de energía de \$ 1,933.57 y un ahorro anual de \$23, 202.77.

---

### 3. Sustitución de balastos electromagnéticos por electrónicos

Como se puede observar en los cálculos realizados y en los datos mostrados en las tablas, el consumo de los balastos electromagnéticos es mayor al que presentan los balastos electrónicos. En lo que tiene que ver con los datos teóricos o de placa, los balastos electrónicos presentan un consumo 30 % menor que los balastos electromagnéticos y características equivalentes. En números, existe un ahorro mensual en factura de energía de \$ 428.65.

Este es un ítem muy importante pues no sólo se nota un ahorro muy grande en la parte económica que lleva a una destinación del presupuesto ahorrado en ampliación de cobertura y mejoramiento de tecnología.

Además el estudio nos permite comparar los parámetros de las lámparas fluorescentes con balastro magnético, fluorescentes con balastro electrónico, vapor de sodio alta presión y lámparas LEDs en el alumbrado de la empresa.

---

## 17. Bibliografía

- García Fernández, Javier.(2011). Iluminación de interiores, Depreciación de la eficiencia luminosa obtenida el 8 de febrero de 2011, de <http://edison.upc.edu/curs/Ilum/extras/biblio.html>.
- N.Bratu & E. Campero (1995).Instalaciones eléctricas. Conceptos básicos y Diseño. Segunda edición Alfaoemga. México.
- Esteban, L., Feijoo, M., & Hernández, J. (2002). Eficiencia energética y regulación de la industria ante el cambio climático. Zaragoza: Dept.de Análisis Económico Universidad de Zaragoza.
- LED de Alta Intensidad. (2006). Lámparas de LEDs de Bajo Consumo de Energía, Iluminación Exterior con Lámparas de LED de Alta Intensidad [http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion\\_exterior/](http://www.pantallasled.com.mx/productos/iluminacion_exterior/)
- Manual de procedimientos para el uso eficiente de la energía en la industria y el comercio. Comisión de energéticos México, 1977.
- Nassir Sapag Chain. Preparación y Evaluación de Proyectos 2da Edición.
- Roberto Hernández Sampieri. Metodología de la Investigación. Editorial, MCGRAW HILL.
- FLECTOR B.J.C. "Luminotecnia, Principios y Aplicaciones". Segunda Edición. Editorial JOSA. 1971.